

노후 고시원 화재를 대비한 MGT 독립형 소화설비 개발 - MGT(Mini Gravity Type) 독립형 소화설비 개발 -

Development of Mini Gravity Type
stand-alone fire extinguishing equipment for deal with the fire of decrepit Goshiwon

김현승*

윤제호**

조봉호***

KIM, Hyun-Seong, Yun, Je-Ho Cho, Bong-Ho

요 약

2018년 11월 9일 서울 종로구 노후 고시원에서 일어난 화재로 7명이 숨지고 11명이 다치는 사건이 발생하였다. 그러나 노후 고시원 화재로 인한 인명피해는 끊이지 않고 있다. 일부 전문가들은 이러한 인명피해의 주된 원인을 간이스프링클러 설비의 미비로 꼽았다. 그동안 간이 스프링클러는 일반 스프링클러를 설치할 수 없는 건물에 설치하는 강력하고 효율적인 소화설비로 검증되었다. 그러나 그것이 아무리 훌륭한 도구라 할지라도 열악한 경제성과 한국 고시원 사업 환경으로 인해 간이스프링클러 도입은 많은 실패 경험을 겪었다. 본 논문은 그 동안 간이스프링클러 설비 도입의 가장 중요한 요소 중 하나인 경제성을 개선하고 소화설비로서의 신뢰성을 검증한 고시원 전용의 MGT 독립형 소화설비를 개발하여 고시원화재로 인한 인명피해를 줄이고자 한다.

키워드: 고시원, 화재, 소화설비, 간이스프링클러, 경제성, MGT

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

계속 되는 노후 고시원 화재로 인한 많은 인명피해로 인하여 노후 고시원 소화설비에 대한 관심이 높아지고 있다. 고시원은 원래 각종 고시 및 시험을 준비하는 장기 수험생들을 주 대상으로 하는 주거시설이나, 1인 가구의 증가로 수험생 이외의 사람들도 비용이 다른 주거 시설보다 싼 까닭에 많이 찾고 있다. 이러한 고시원들은 대부분 2009년 이전에 준공되어 '소방 시설 설치에 대한 의무(2009)'를 가지지 않아 화재에 속수무책일 수밖에 없다.

이러한 노후 고시원의 화재에 대응하기 위하여 정부는 월세를 동결하는 조건으로 '노후 고시원 스프링클러 지원 사업(2012)' 과 7년 뒤에 그 동결조건을 완화하는 '노후 고시원 안전시설 설치 지원 사업(2019)' 을 진행하였지만 고시원 업주의 높은 자가 부담과 천장오픈시공으로 인한

시공의 어려움 등 열악한 사업성으로 인하여 사업은 용두사미의 전철을 밟았음을 직시할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 간이스프링클러 설비 대신 노후 고시원에 설치할 수 있을 정도의 경제성과 시공성을 갖추어 고시원 업주의 사업부담을 완화할 수 있는 소화설비를 개발하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 간이스프링클러 및 고시원에 적용 가능한 소화설비 대안 모델들의 경제성, 시공성 등 다양한 성과지수(Performance Index)를 평가기준으로 두어 이 것을 분석, 평가하여 최적의 대안 선정 및 화재실험을 통한 신뢰성 검증에 연구의 범위를 한정하였다. 연구에 적용되는 최적의 대안 선정은 각 대안 모델에 대한 평가기준들을 5단계로 세분화 한 후 각 평가점수를 취합하여 비교 분석함으로써 성과지수에 따른 대안 모델들의 신뢰성 확보 및 국내 고시원산업 현실에 적합한 대안 모델을 제안하고자 한다.

* 아주대학교 대학원 건축공학과 학사과정, seung2538@ajou.ac.kr

** 아주대학교 대학원 건축공학과 학사과정, yjh941022@ajou.ac.kr

*** 아주대학교 대학원 건축공학과 교수, 공학박사(교신저자), bhcho@ajou.ac.kr

평가기준	대안				
	기존 간이스프링클러	수조 독립분산	천장 부착 시공	자동 투척	MGT
시공성					
경제성					
재사용 편의성					
오작동 가능성					
미관성					

그림 1. 기존 간이스프링클러와 대안모델들의 평가기준

연구 여건상 연구 대상 사례가 다소 제한적이므로 연구 결과의 일반화에는 무리가 따르지만, 국내 노후 고시원환경의 특수성을 고려한 소화설비라는 점에서 하는 충분한 의미가 있다.

2. 최적 대안 선정 및 성능 검증

2.1 조사대상 고시원 선정 및 개요

2.1.1 조사대상

본 연구의 조사 및 실험을 위한 노후 고시원은 국내 고시원이 가장 많은 서울 관악구 실험동에 있는 곳으로 선정하였다. 또한 소방재난본부에서 고시한 지난 5년간의 고시원화재를 바탕으로 화재가 가장 많이 나는 객실을 화재발생구역으로 제한하였다.

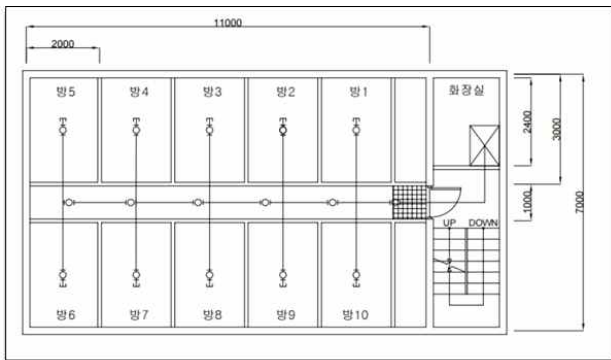


그림 2. 서울 관악구 실험동 노후 고시원 기준층 도면

선정한 고시원의 기준층은 $77m^2$ 이며, 실(방)의 개수는 10개이고, 그 크기는 가로 2m 세로 3m로 $6m^2$ 이다.

2.1.2 기존 간이스프링클러 및 대안모델 개요

본 연구의 핵심이 되는 간이스프링클러의 단점인 시공성과 경제성을 개선해보고자 대안모델 4개를 고안하여 분석하였다.



그림 3. 기존 간이스프링클러 구성(좌: 제어부, 우: 수조부)

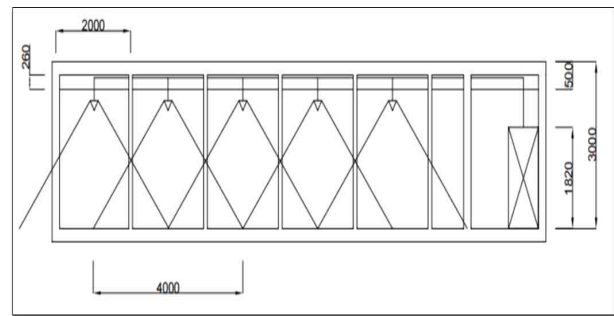


그림 4. 기존 간이스프링클러 설치 단면

간이스프링클러는 일반 스프링클러를 설치할 수 없는 비교적 작은 건물에 약식으로 설치하는 것으로 방수량(80L/분 → 50L/분)과 방사시간(20분 → 10분)의 차이가 있다.

그러나 이러한 간이스프링클러는 시공시 천장을 오픈해야 하는 것과 물을 1톤 이상 비축해야하는 것 때문에 어려운 양중 및 시공난이도와 높은 제작비용을 가진다.

㉠ 수조 독립 분산형

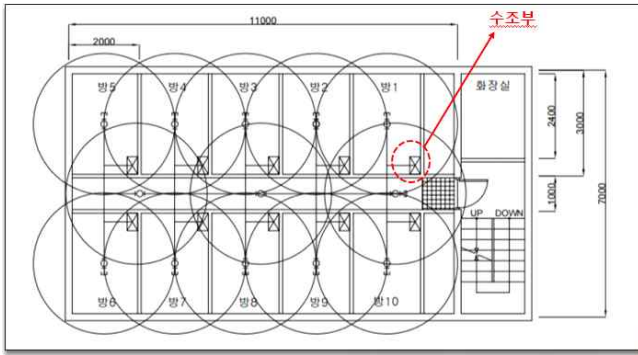


그림 5. 수조 독립 분산형

수조 독립 분산형은 공용공간에 수조부를 한 곳에 배치하는 기존의 간이스프링클러 방식과 달리 수조부를 각 실마다 분산 배치하여 양중의 어려움을 해결할 수 있다. 또한 기존 스프링클러는 천장을 오픈하여 시공하기 때문에 비용이 높으며, 그라인더로 인한 소음 문제가 발생하지만 수조 독립 분산형은 천장 오픈 시공의 면적을 줄일 수 있으며, 수조에서 스프링클러 헤드까지 배관의 길이를 최소화하여 시공비용을 절감할 수 있다.

㉠ 천장 부착 시공형

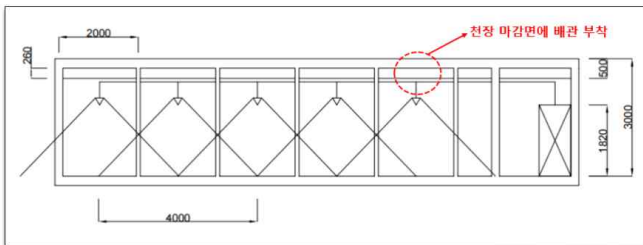


그림 6. 천장 부착 시공형

천장 부착 시공형은 기존 간이스프링클러의 천장 오픈 시공의 불편함을 개선하기 위해 고안된 컨셉이다. 천장을 뜯지 않고 천장 마감면에 배관을 부착하여 천장오픈 시공을 하지 않아 시공비용을 절감할 수 있다.

㉡ 자동 투척형

자동투척형 소화설비는 투척용 소화설비를 벤치마킹하여 기계장치를 통해 자동으로 발사되는 장치이다. 화재발생시 감지기에서 감지를 하고 감지 신호를 동력장치로 전달한다. 감지신호를 받은 동력장치는 작동 하게 되고 이를 통해 소화용기가 발화점에 발사되어 화재를 진압하는 원리를 이용

한다. 이를 통해 최종적으로 화재를 진압한다는 컨셉으로 고안하였다.



그림 7. 자동 투척형 모형

㉢ MGT(Mini Gravity Type)의 독립형 소화설비 방식

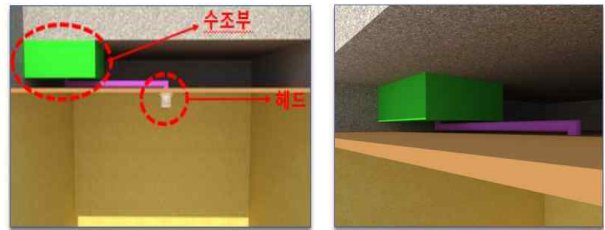


그림 8. MGT방식 모형

MGT방식은 천장을 점검구 크기로 오픈하여 천장공간 안에 수조부를 부착하는 방식이다. 별다른 펌프나 기계장치 없이 중력만을 이용하여 작동하는 원리이다. 작동순서는 화재감지 → 헤드작동 → 중력으로 인한 소화용액 이동 → 헤드를 통해 분사로 이루어진다.

요소, 염이온, 인산 암모늄, 중 탄산 암모늄, 유산 암모늄으로 구성된 특수 소화용액과 물을 희석하여 사용하여 적은 양의 소화액으로도 냉각작용과 산소차단 작용을 하여 화재 진압이 가능하다.

2.1.3 평가 및 최적 대안 선정

2.1.2에서 분석한 간이 스프링클러와 4개의 대안을 평가하기 앞서 기존의 간이 스프링클러 설치사업에 영향을 주었던 요인을 시공성, 경제성, 재사용 편의성, 오작동 가능성, 미관성 5개로 선정하여 평가기준을 두어 분석하였다. 이러한 각 요인들을 다음과 같이 세부평가항목으로 나누어 평가하여 취합하였다.

	시공성	경제성	재사용 편의성	오작동 가능성	미관성
세부평가항목	필요 인원	공사비	수명 및 내구성	설비가 오작동할 가능성이 높은가?	설비 설치 후 거주자로서 봤을 때 미관상 괜찮은가?
	공종의 수	유지관리비	충전의 용이		
	작업 난이도	소화 약제 비용	재사용시 추가 비용		
	공사기간				

그림 9. 평가기준

시공성은 경제성과 더불어 가장 중요한 요인 중 하나로 공종의 수, 작업 난이도, 필요 인원, 공사기간으로 세부항목을 두고 분석을 진행 하였으며 대안별 평가 결과는 다음과 같다.



그림 10. 시공성 평가

시공성평가 결과 공중 수에서는 간이스프링클러, 천장부착시공이 가장 많은 것으로 분석하였고, 공사난이도에 있어서는 자동투척형이 가장 쉽고, 그 다음으로 MGT방식이 쉬운 것으로 분석하였다. 필요인원에서는 마찬가지로 자동투척형이 가장 적은 인원이 필요했고, MGT, 간이스프링클러, 수조 독립분산형이 그 다음을 차지하였다. 마지막으로 공사기간에 있어서는 MGT방식과 자동투척형이 기준층 기준 3일로 가장 짧았다.

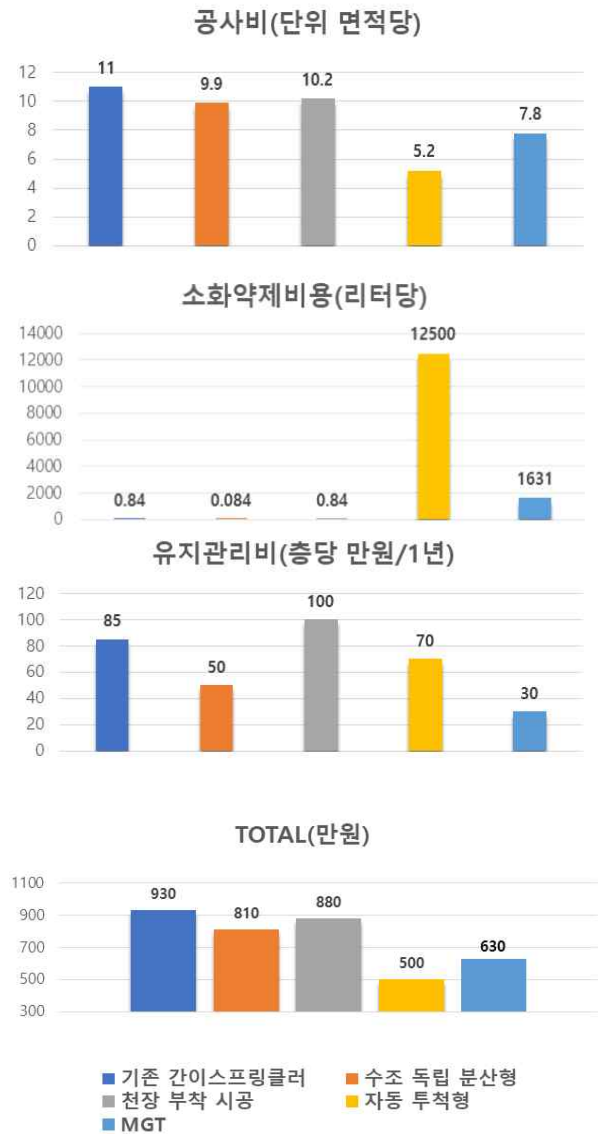


그림 11. 경제성 평가

경제성평가 결과 단위 면적당 공사비가 자동 투척형이 5.2만원으로 가장 저렴하였고, MGT방식이 7.8만원, 수조 독립 분산형이 9.9만원, 천장 부착형이 10.2만원으로 대안들

의 단위 면적당 공사비가 기존의 것보다 저렴하였다. 기존 간이스프링클러 방식은 11만원으로 가장 공사비가 비쌌다.

리터당 소화약제비용은 자동투척형이 12,500원으로 가장 비쌌고, MGT방식은 1,631원 인 반면 나머지 대안들은 소화약제로 물을 사용하는데 수도배관을 통한 충전을 하기 때문에 수도세를 이용하여 계산하였으며, 비용이 거의 발생하지 않았다.

기준층 기준 1년 유지관리 비용은 간이스프링클러가 85만원, 수조 독립 분산형은 50만원, 천장 부착형이 100만원, 자동투척형이 70만원, MGT방식이 30만원으로 가장 저렴하였다.

종합적으로 비용을 분석한 결과 자동투척형이 500만원으로 가장 저렴하였고 다음으로 MGT 방식이 630만원으로 저렴하였다. 나머지 수조 독립 분산형, 천장 부착형 방식은 800만원이상으로 기존 간이 스프링클러에 비해 경제성을 크게 개선하였다고 할 수 없다.

미관성

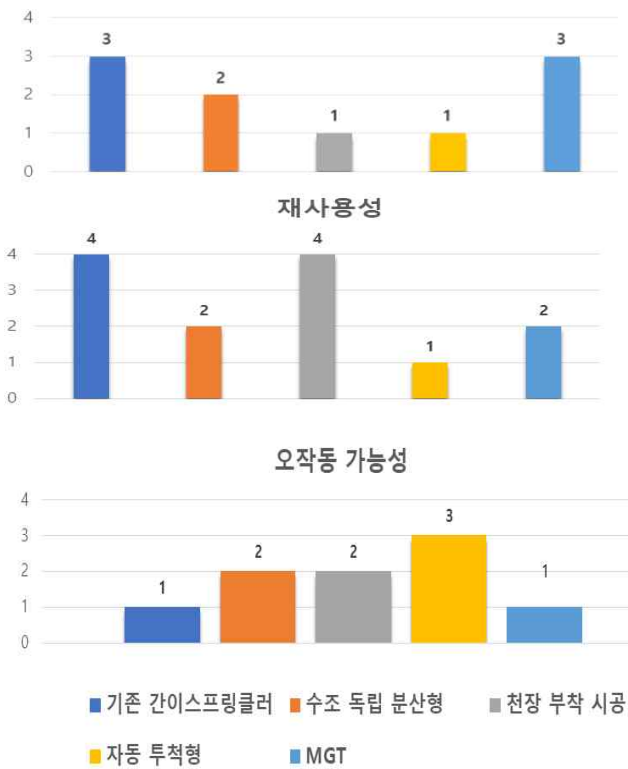


그림 12. 미관성, 재사용성, 오작동 가능성 평가

미관성 평가에서는 천장 마감면 노출을 기준으로 평가하였는데 MGT방식의 경우 수조부가 천장면 내부에 부착되어 있어 기존 간이스프링클러와 같이 가장 마감면 노출이 적어 높은 미관성을 갖추었다고 할 수 있다.

재사용성에서는 상하수도 배관과 연결하여 자동으로 재사용할 수 있다는 점에서 간이스프링클러와 천장부착방식

이 가장 높은 평가를 받았고, 그 다음으로 수동으로 약제를 충전해야하는 MGT방식과 수조 독립분산형이 높은 평가를 받았다.

오작동에 대한 경우에 있어서 간이스프링클러 방식과 MGT방식이 오작동이 일어날 가능성이 가장 낮았으며 반면 동력장치가 작동하여 화재를 진압하게 되는 자동 투척형 방식이 가능성이 가장 높았다.

대안	기존 간이스프링클러	수조 독립분산	천장 부착 시공	자동 투척	MGT
시공성	최하	하	최하	상	중
경제성	최하	중	하	최상	상
재사용 편의성	최상	중	최상	하	중
오작동 가능성	하	중	하	상	하
미관성	상	중	하	하	상

그림 13. 종합 평가 및 최적 대안 선정

분석한 값들을 토대로 종합 평가 결과는 다음과 같다. MGT 방식이 시공성, 경제성부분에서는 자동 투척형보다 다소 떨어질지라도 다른 모든 대안보다 우수하였으며 재사용 편의성, 미관성 그리고 오작동 가능성에 대한 평가 역시 거의 모든 영역에서 가장 높은 평가를 받아 MGT방식을 가장 최적의 대안으로 선정하였다.

2.2.1 실험 목적 및 방법



그림 14. 제작 모형(전면)

본 연구 여건상 화재 실험에 대한 제약으로 인하여 기존에 제작하려고 하였던 (2m*3m) 6m²의 고시원 모형을

1:2로 축척하여 (1m*1.5m) 1.5m² 사이즈로 제작하였다. MGT수조부의 용량을 1/4로 축척하여 5L의 소화액을 수용할 수 있으며 1.5m²의 방호면적을 갖출 수 있도록 설계 및 제작하였다.

MGT 수조부의 경우 설계안으로 직접 제작하기엔 대량생산이 아닌 이상 어렵다는 공장측의 답변을 들어, MGT 수조부의 효과를 낼 수 있도록 물탱크로 대체하였다.



그림 15. 제작 모형(측면)

본 화재 실험의 목적은 최적의 대안으로 선정된 MGT방식이 펌프나 별다른 기계설비 없이 중력만을 이용하여 작동이 이루어지는지 검증하는 것에 있다. 또한, 작동시 분사된 소화용액의 범위를 측정하여 1.5m²의 화재면적을 소화할 수 있는지 확인하고 이를 통해 고시원 실 바닥면적에 대한 적정 소화용액의 양을 도출하는 것이다.

실험 방법은 1.5m² 사이즈의 고시원 구조물과 물탱크를 결합한 후 가연물을 연소하여 소화설비의 작동을 유도하는 것이다.



그림 16. 가연물 점화 및 소화설비 작동 유도

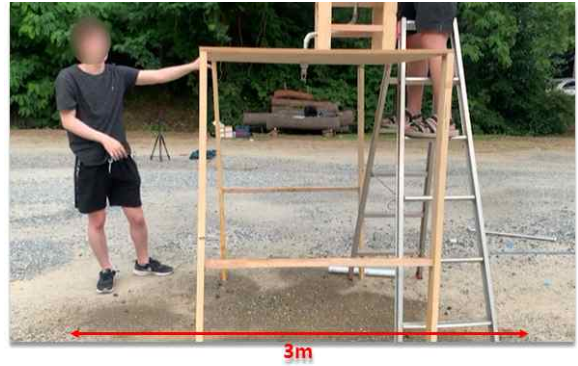


그림 17. 소화설비 방호 면적 검증

실험 결과 중력만으로 작동이 가능한 것을 확인할 수 있었다. 또한, 소화용액이 분사된 면적의 직경이 약 3m로 측정 되었으며 7m²의 소화면적을 확보하였다.

소화용액의 5L로 실험 모형 1.5m²의 소화면적을 검증하였으며 이를 토대로 6m²의 고시원 실의 적정소화용액을 20L로 도출하였다.

2.2.2 최종 설계 및 프로세스

위 2.2.1의 화재실험 결과를 토대로 MGT 소화설비의 최종 디자인 및 프로세스를 구축하였다.

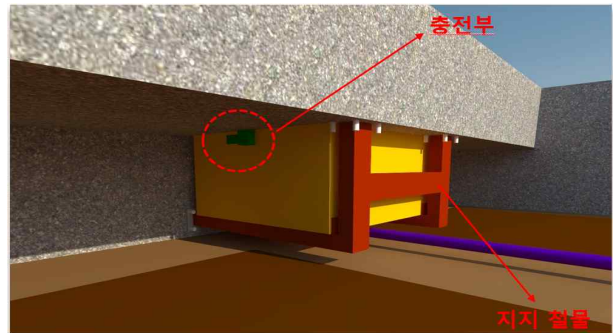


그림 18. 최종 디자인 (1)

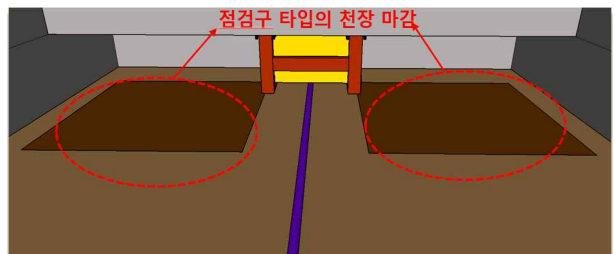


그림 19. 최종 디자인 (2)

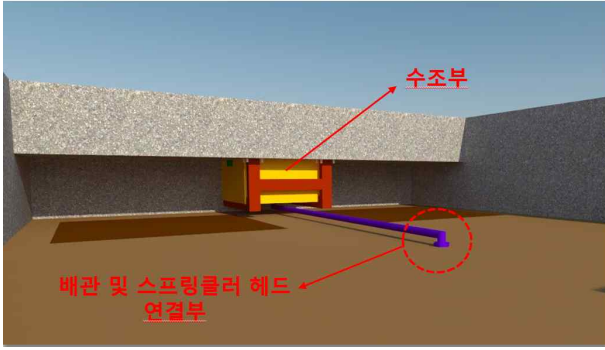


그림 20. 최종 디자인 (3)

MGT 소화설비는 바닥면적 $6m^2$ 의 고시원 실 위 천장면에 점검구 크기 정도를 수조부 기준 양쪽에 오픈하여 수조부를 천장내부에 설치하는데 불편함이 없도록 고안하였다.

또한 천장 내부의 크기를 고려하여 MGT 수조부를 $400*400*200$ 의 크기와 20.5kg의 중량으로 설계하였다.

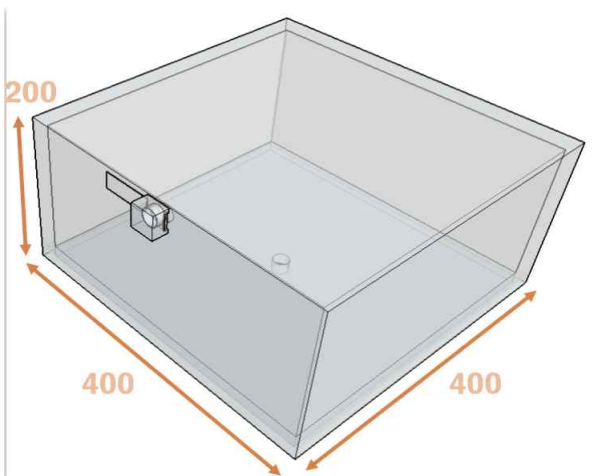


그림 21. 수조부 상세도

또한 소화용액 10%를 할증하여 22L를 저장 할 수 있도록 설계하였으며 동시에 소화용액 재충진시 용액이 넘칠수 있는 것을 고려하여 여유 공간을 확보하였다. 그리고 화재시 용액이 전부 방사될 수 있게 수조부 바닥에 경사를 주었다. 이러한 수조부가 지지될 수 있도록 슬라브와 앵커볼트 등의 철물로 체결하여 구조성능을 만족하였다.

더 나아가 지지 철물에 가이드라인을 설치하여 시공성을 더욱 향상하였다.

위 실험에서 도출한 결과 특수소화용액을 물과 희석한 20L의 소화 약제를 저장하는 수조부의 방사시간은 1분 20초, 방수량은 15L/분 소화능력을 가진다. 기존 간이스프링클러(방사시간 10분, 방수량 50L/분)가 가진 소화능력에는

미치지 못하였다. 하지만 고시원 실 바닥면적 $6m^2$ 를 소화능력으로 갖는 특수 소화용액의 적정량(24L)을 물과 희석해서 사용했기에 스프링클러 헤드를 통한 방사 면적만 확보가 된다면 최소한의 성능을 갖출 수 있다고 예측 하였으며, 실험을 통하여 방호면적이 $6m^2$ 크기의 고시원보다 넓은 $7m^2$ 인 것을 비추어 보아 최소한의 소화능력을 확보했다고 할 수 있다.

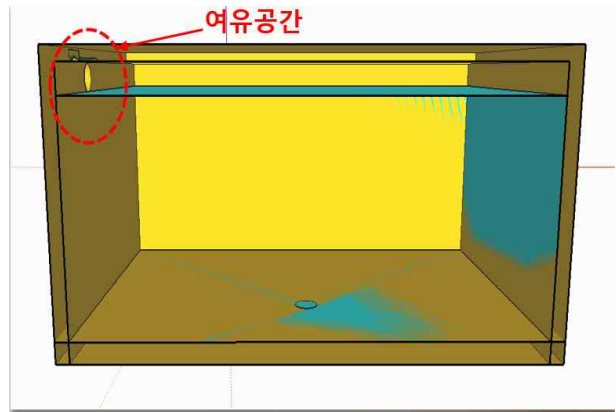


그림 22. 수조부 상세도

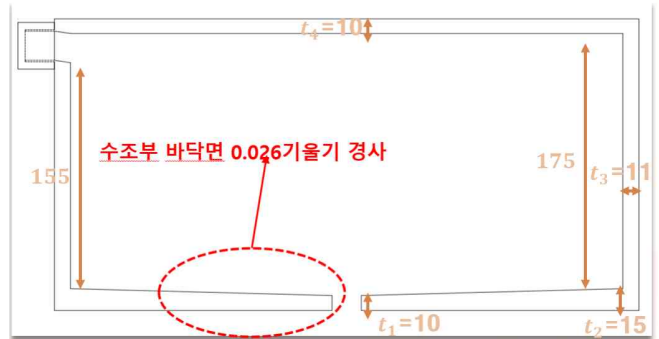


그림 23. 수조부 단면도

3. 결론

MGT방식의 성능을 검증함으로써 이를 통해 경제성, 시공성, 소화성능 확보에 대한 기대 효과를 가질 수 있다.

경제성 부분에서는 기존 간이 스프링클러가 공사비 930만원, 연간 유지관리비 85만원인 반면에 MGT방식은 공사비 630만원, 연간 유지관리비 30만원으로 기존 대비 비용 절감을 기대할 수 있으며 이를 통해 소화설비 설치 확대 또한 기대할 수 있다. 시공성의 경우 기존의 공용 수조부를 설치하는 것과 달리 각 실마다 독립적인 수조부를 배치함으로써 양중무게를 120kg에서 20.5kg로 줄일 수 있고, 점검구 타입의 천장면 시공을 통하여 기준층 기준 5일이었던

공기를 3일로 단축하여 시공 난이도를 감소하는 효과를 얻을 수 있다. 소화성능의 경우 기존 간이 스프링클러 대비 방수량과 방사시간의 기준에 미치지 못하지만, 소화면적을 $6 m^2$ 로 갖는 특수 소화용액(2.4L)를 희석해서 사용함으로써 최소한의 소화 성능을 확보할 수 있다.

최종적으로 이것을 바탕으로 MGT방식의 보급이 보다 널리 확대 된다면 궁극적으로 고시원 화재로 인한 인명피해의 최소화를 기대할 수 있다.

감사의 글

어느 새 4년의 학사과정을 마치고 학위 논문을 제출하게 되었습니다. 코로나19 바이러스로 인하여 시국이 어지러운 가운데 종합설계 및 졸업논문 작성의 시간 동안 도움을 주신 분들이 많습니다. 미흡하지만 학위 논문을 마치면서 그 분들께 감사의 말씀을 전해드립니다.

바쁘신 와중에도 따뜻한 격려와 조언을 해주시고, 무엇보다 설계를 진행함에 있어서 저희에게 부족한 점을 언제나 세심하게 지적해주신 조봉호 교수님께 진심으로 감사드립니다.

참고문헌

최두찬(2018). 노후 건축물의 화재인명안전 개선방안에 관한 연구 -종로 고시원 화재사고의 분석을 중심으로- pp. 2~5

권정현(2013). 고시원 이용실태 및 개선방안 pp. 10~14

양지원 & 유해연(2019). 서울시 고시원 특성분석을 통한 개선방향 연구 pp. 10~14

권용신(2015). 노인요양시설 화재시 인명피해 최소화를 위한 안전관리 2015사회정책연합 공동학술대회 pp. 3~12

홍해리, 김봉찬, 권영진 (2016). 재난약자의 피난안전을 위한 화재사례분석 및 노인요양시설 소방안전관리 실태조사 pp. 2~6

이종원 & 이호영 & 홍원화 (2009). 고시원 평면유형별 소방환경 실태조사 및 화재안전성능 향상에 관한 연구 pp. 3~7